

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma

Tutkintotyö

Sami Olkinuora

KAASUNKERUUPUTKISTON VIRTASUOSUUKTEIDEN VAIKUTUS TALTEENOTON TOIMINTAAN

Työn ohjaaja
Työn teettaja
Tampere 2007

DI Torolf Öhman
Säteri Oy, valvojana Paavo Louhivuori

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikka

Olkinuora, Sami

Kaasunkeruuputkiston virtausolosuhteiden vaikutus talteenoton toimintaan

Tutkintotyö

28 sivua + 11 liitesivua

Työn ohjaaja

DI Torolf Öhman

Työn teettäjä

Säteri Oy, valvojana Paavo Louhivuori

Toukokuu 2007

Hakusanat

jäähdytys, talteenotto, rikkihiili

TIIVISTELMÄ

Viskoosia valmistettaessa vapautuu rikkihiiltä ja rikkivetyä kaasuina, jotka on saatava talteen talous-, ympäristönsuojelu-, työhygienian ja paloturvallisuusseikkojen vuoksi. Kaasu otetaan talteen kaasunkeruuputkistoon, jonka kautta se kulkeutuu rikkihiilen talteenottolaitokselle.

Tässä työssä tutkittiin rikkihiilen talteenottoa. Tavoitteena oli parantaa rikkihiilen talteenottoa kuumia kaasuja etukäteen jäähdyttämällä ja kaasuvirtauksia tasapainottamalla. Tarkoituksena oli myös päivittää kaasunkeruuputkiston kuva sekä putkiston PI-kaavio.

Työssä tehtiin mittauksia talteenottoputkiston kaasuvirtauksista. Mittausten perusteella valittiin kaksi jäähdytykseen soveltuvaa kaasunkeruukohdetta, joissa talteenotettavat kaasut ovat kuumia ja tilavuusvirtaukset suuria. Lopuksi lähetettiin tarjouspyyntö sopivasta lämmönvaihtimesta ja todettiin, että tarjottu levylämmönvaihdin ei sovellu tarkoitukseen. Paras vaihtoehto olisikin suoraan vesisuihkukontaktiin perustuva lämmönpuodotus. Tästä seuraa jäähdytysveden käsittelytarve, joka on syytä ottaa huomioon heti suunnittelun alkuvaiheessa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Chemical engineering

Olkinuora, Sami

Engineering thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

May 2007

Keywords

Hakusanat

How the gas flow conditions within the gas recovery piping affect on the recovery process

28 pages, 11 appendices

DI Torolf Öhman

Säteri Oy. Supervisor: Paavo Louhivuori

cooling, gas recovery, carbon sulphide

ABSTRACT

During production of viscose, carbon sulphide and hydrogen sulphide gas is released into the air, which has to be recovered due to economical, environmental, occupational hygiene and fire safety factors. The gas is collected into the gas-recovery pipe installation, through which it is passed on to the gas recovery plant. This project researched the recovery-process of gas mainly from the economical point of view. The aim was to improve the recovery of carbon sulphide by cooling down the hot gases in advance and by balancing the gas flow. The purpose was also to update the mapping of the gas recovery pipes and the pipe installation design. Measurements were taken from the recovery pipes' gas flow.

Based on the measurements, two gas recovery locations suitable for cooling and where recovered gas is hot and volume flow is high, were chosen. Finally a request for quotation was made for the suitable heat exchanger and it was concluded, that the offered plate heat exchanger is unsuitable for the purpose. Thus, the best option would be to drop down the temperature based on water spray methods. This, however, leads to the need of cooling water treatment, which should be taken into consideration immediately in the early stages on planning.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
2 VISKOOSIKUIDUN VALMISTUS	5
2.1 Merserointi	6
2.2 Rikitys.....	7
2.3 Viskoosin suodatus ja jälkikypsytytys.....	8
2.4 Kehruu	8
2.5 Jälkikäsittely	9
3 TALTEENOTTOPROSESSI	9
3.1 Kaasunkeruuputkisto	10
3.2 Kaasupesuri	10
3.3 Aktiivihiihiadsorberit	11
4 KAASUN TALTEENOTON PERUSTEITA	11
4.1 Taloudelliset seikat	12
4.2 Ympäristömääräykset	12
4.3 Työhygienia	12
4.4 Paloturvallisuus	12
5 ONGELMAT TALTEENOTOSSA	13
5.1 Kaasun korkea lämpötila	13
5.2 Talteenotettavan kaasun pieni CS ₂ - pitoisuus.....	14
5.3 Mahdollisuudet vaikuttaa talteenottoon	15
5.3.1 Kuumien kaasujen jäähdyttäminen.....	15
5.3.2 Kaasun jäähdytykseen tarvittavan veden määrä.....	18
5.3.3 Kaasuvirtausten tasapainotus.....	19
6 KOEJÄRJESTELYT JA MITTAUSTULOKSET	20
6.1 Mittausolosuhteet	20
6.2 Käytetyt mittausmenetelmät.....	21
7 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY	21
7.1 Mittausten tarkastelua 6-koneen osalta.....	22
7.2 Mittausten tarkastelua 1-koneen osalta.....	23
7.3 Tarkastelua 7-koneen osalta	24
7.4 Mittaustulosten tarkastelua aiempiin vastaaviin mittauksiin verrattuna	24
8 JATKOTOIMENPITEET	26
LÄHDELUETTELO	28
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Viskoosikuitua valmistettaessa valmistusprosessin eri vaiheista vapautuvia kaasuja ovat rikkihiili (CS_2) sekä rikkivety (H_2S), jotka molemmat on otettava talteen ympäristönsuojelu-, taloudellisuus-, työ- sekä paloturvallisuusseikkojen vuoksi /1/.

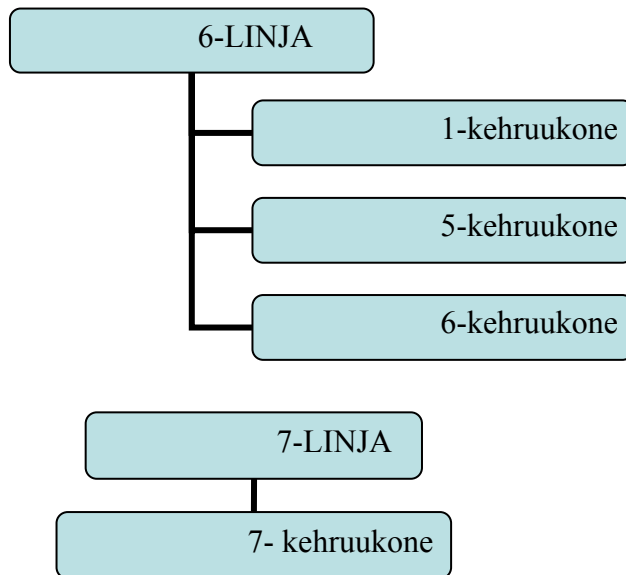
Talteenotto tapahtuu kaasunkeruuputkistojen kautta.

Tässä työssä on tutkittu rikkihiilen talteenottoa tekemällä mittauksia talteenottoputkistojen virtausolosuhteista viskoosin tuotantotilanteen ollessa normaalilla tasolla. Mittausten perusteella on arvioitu putkiston kaasuntalteenotossa esiintyviä ongelmia, ja tavoitteena on ollut lisätä talteen saatavan rikkihiilen määrää tasapainottamalla putkiston virtauksia.

Talteen otettava rikkihiili on jäähdytettävä, jotta siitä saataisiin talteen mahdollisimman suuri osuus. Jäähdytyksen teho laskee etenkin kesäisin ulkoilman lämpötilan noustessa, joten työn toinen pääasiallinen tavoite on ollut rikkihiilen talteenoton lisääminen kaasun jäähdytystä parantamalla. Tehtävänä on myös ollut talteenottoputkistoa kuvaavan kaaviokuvan päivitys nykyistä putkistoa vastaavaksi sekä kaasunkeruuputkiston PI- kaavion päivitys.

2 VISKOOSIKUIDUN VALMISTUS

Säterillä on kaksi viskoosin valmistuslinjaa: 6- ja 7-linjat (kuva 1). Viskoosikuitu valmistetaan liukosellusta regeneroimalla (kuva 2). Sellu käsitellään lipeällä, jolloin siitä tulee alkalisellua ja rikitetään ksantaatiksi rikkihiilellä. Ksantaatti liuotetaan laimeaan lipeään viskoosiseksi liuokseksi. Syntynyt viskoosinen liuos muutetaan takaisin kiinteäksi selluloosaksi kehräämällä kuitumuotoon. /2/



Kuva 1 Viskoosin valmistuslinjat 6 ja 7 sekä niille kuuluvat kehruukoneet

2.1 Merserointi

Viskoosin valmistusprosessissa merserointi tarkoittaa sellun käsittelyä lipeällä siten, että selluloosa muuttuu alaliselluloosaksi. Sellun hemiselluloosa poistuu pääosin merseroinnissa liukenemalla käsittelylipeään./2/

Sellu ja 18 %- natriumhydroksidi sekoitetaan keskenään pulpperissa, jolloin syntyy 3- 4% sulppua. Pulpperista sulppu johdetaan kyypiin eli vaakasekoittajaan. Kyypissä merserointireaktio suoritetaan loppuun ja sulppu tehdään rakenteeltaan tasaiseksi. Sulpusta oleva ylimääräinen lipeä puristetaan sulpusta merserointipuristimilla ja lipeä palautetaan takaisin lipeäkiertoon, joka on linjakohtainen. Lipeän puristamisen jälkeen sellu johdetaan repijöille joilla se kuohkeutetaan. Kuohkeutusta seuraa esikypsytytys, jolloin selluloosamolekyylietjut alkavat pilkkoutua ilman hapen vaikutuksesta. /2/

2.2 Rikitys

Vaakasäiliössä punnittu alkaliselluerä käsitellään rikityskoneessa rikkihiilellä, jolloin reaktiotuloksena syntyy selluloosaksantogenaattia. Syntynyt ksantogenaatti liuotetaan edelleen liuotuslipeällä nestemäiseksi siirappia muistuttavaksi nesteeksi. /3; 4/

Rikityksessä alkalisellu reagoi rikkihiilen kanssa. Rikityksen ja liuotusvaiheen tarkoituksena on tuottaa kiinteässä muodossa olevasta alkaliselluloosasta nestemäistä selluloosaksantogenaattia sekä minimoida muut sivureaktiot /2/. Tärkeimmät tekijät, jotka vaikuttavat ksantaatin ominaisuuksiin, ovat reaktioaika, reaktiolämpötila, rikkihiilimäärä ja alkalisellun puristusaste. Kaasumaisessa muodossa olevaa rikkihiiltä alkaa vapautumaan prosessin eri vaiheissa rikityksestä eteenpäin, joka on kerättävä talteen; (talteenoton perusteista lisää 3.luvussa) /3; 4/.

Rikitys suoritetaan panosreaktoreissa, joita Säterillä on kolmea eri kokoa, Simplexejä ja Maurereita. 7-linjalla on kaksi Maureria ja 6-linjalla on kaksi Maureria sekä neljä Simplexiä. Reaktorit on varustettu sekoittajilla sekä täyttö-, annostelu- ja pohjaventtiileillä. /2/

Kun rikitys on suoritettu, syntynyt selluloosaksantaatti lasketaan pohjaventtiiliin kautta alaliuottajaan. Alaliuottajat ovat rikittäjien alapuolisia säiliöitä, joissa on sekottaja sekä jäähdytysvaippa. Seuraavaksi viskoosi johdetaan jauhimiin, jotta siitä saadaan tasalaatuista. Jauhimien jälkeen seuraa viskoosin jälkiliuotus, joka tapahtuu J-säiliöissä. Siellä viimeisetkin ksantaattijäämät liukenevat ja tuloksena on viskoosiliuosta. /3; 4/

2.3 Viskoosin suodatus ja jälkikypsytytys

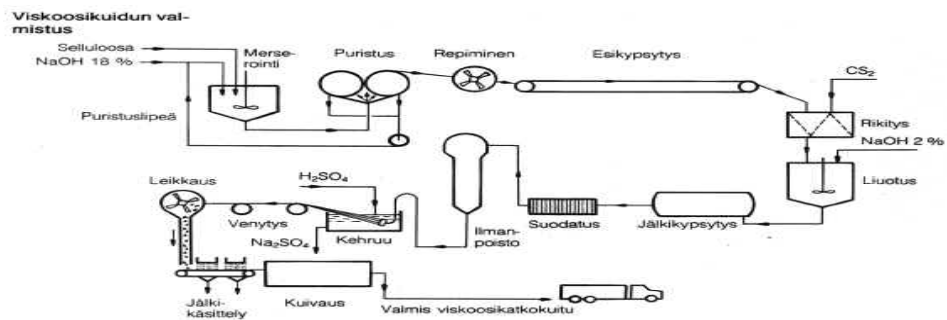
Viskoosi suodatetaan molemmilla linjoilla kolmessa vaiheessa, joista viimeisin suodatus on vähän ennen kehruukonetta. Viskoosin suodatuksessa käytetään automaattisia KKF- Viscomatic- ja Funda- suodattimia sekä mekaanisia suotopuristimia. /3; 4/

Jälkikypsytyksessä viskoosi kulkee J-säiliöstä A-säiliöiden, A-suodatuksen, B-säiliöiden, B-suodatuksen, ilmanpoiston ja C- suodatuksen kautta kehruukoneelle. Jälkikypsytyksessä olennainen viskoosin kypsytyteen vaikuttava kemiallinen tapahtuma on CS₂- ryhmien lohkeaminen selluloosaksantaattimolekyylistä. Viskoosin kypsyminen riippuu ajasta, lämpötilasta ja lipeäpitoisuudesta. /3; 4/ Jälkikypsytystä seuraa vielä ilmanpoisto viskoosista, koska ilmakuplat aiheuttavat kehruhäiriöitä /2/.

2.4 Kehruu

Säterillä on neljä kehruukonetta; 1-, 5-, 6- ja 7-kone, joista kolme ensiksi mainittua käyttää 6-linjan valmistamaa viskoosiliuosta. 7-koneella on oma viskoosintuotantolinjansa (kuva 1).

Kehruukoneella liuosmuodossa oleva selluloosa (viskoosi) palautuu eli regeneroituu kiinteään muotoon. Emäksinen viskoosiliuos pumpataan kehruukoneen pienireikäisiin suulakkeisiin, jotka ovat happamaan kehruhauteeseen upotettuina. Suulakkeesta tuleva ohut viskoosisuihku palautuu välittömästi kuiduiksi hapon ja emäksen reaktion tuloksena. Lisäksi vapautuu viskoosista vettä, rikkihiiltä ja rikkivetyä sekä neutraloitumistuotteena natriumsulfaattia. /3; 4/



Kuva 2 Viskoosin valmistuksen eri vaiheet /5/

Varsinaisen kehräytymisen jälkeen säiemuodossa oleva viskoosikuitu kerätään köydeksi, asetetaan vetorullille ja viedään venytyshauteen kautta 1-vetokiville ja edelleen pesuhauteen kautta 2-vetokiville. Lopuksi viskoosi menee leikkurikivien kautta leikkureille. /3; 4/

2.5 Jälkikäsittely

Määrämittaan leikkureilla katkottu kuitu jatkaa prosessissa jälkikäsittelykoneelle arkun kautta leveälle viiralle levitettynä mattona. Jälkikäsittelykoneen alkupäässä arkussa tapahtuu rikkihiilen ja rikin poistaminen leikatusta kuidusta. Jälkikäsittelykoneella kuitu valkaistaan ja viimeistellään (avivoidaan). Jälkikäsittelyyn kuuluvat arkku sekä sen jälkeiset pesukentät. /3; 4/

3 TALTEENOTTOPROSESSI

Viskoosin sisältämää rikkihiiltä vapautuu prosessissa rikityksestä (rikkihiilen lisäyksestä) eteenpäin. Osa rikkihiilestä kootaan tehtaan katolla kulkeviin kaasunkeruuputkistoihin (liite 1), joita myöden kaasua imetään rikkivetykesurin ja jäähdytystornin kautta rikkihiilen talteenottolaitokselle (Rito) ja adsorboidaan aktiivihieleen. Jälkikäsittelykoneen arkusta vapautuvaa rikkihiiltä ei kerätä kaasunkeruuputkistoon kehruukoneilla 6 ja 7, vaan se lauhdutetaan nesteeksi

lauhdutustalteenotossa ja pumpataan Ritoon. Myöskään rikityksessä lopputyhjössä vapautuvaa rikkihiiltä ei koota kaasuputkistoon, vaan se lauhdutetaan ja johdetaan Ritoon nesteinä./3; 4/

3.1 Kaasunkeruuputkisto

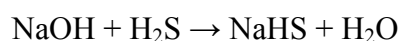
Rikkihiili- ja rikkivetytöitä kaasuja kerätään tehtaan katolla sijaitsevien putkistojen kautta Ritoon (liite 1). 7- tuotantolinjalla on oma keruuputkistonsa ja 1-, 5- ja 6-koneiden kaasut kerätään yhteiseen putkistoon. Molemmilla kaasunkeruusysteemeillä on myös vauhtipuhaltimet, joilla lisätään putkistoissa tapahtuvaa virtausta ja siellä vallitsevaa alipainetta. 7-linjalla on myös yksi pienempi puhallin jälkikäsitteily 1-kentän kohdalla.

Kaasunkeruukohteet

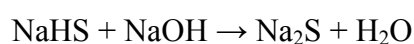
- Rikkihiiltä vapautuu kehruu-, venytys- ja pesuhauteissa sekä leikkurilla ja kehruuhappokierrosta, joista kaasut kerätään keruuputkistoon /3; 4/.
- Viskoosikuidun sisältämä rikkihiili vapautuu suurimmaksi osaksi arkussa ja loput arkun jälkeisessä 1-kentässä. 1-kentän kuumat kaasut kerätään kaasunkeruuputkistoon /3; 4/.

3.2 Kaasupesuri

Kaasut, jotka tulevat talteenottoon, johdetaan ennen rikkihiilen talteenottoa sulfidipesuriin. Suurin osa rikkivedystä absorboituu natronlipeään.



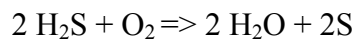
Osa natriumvetysulfidista reagoi edelleen natriumsulfidiksi.



Pesurissa tapahtuu myös reaktioita, joissa syntyy natriumkarbonaattia, natriumvetykarbonaattia ja natriumtiosulfaattia. Kaasupesuri on rakenteeltaan täytekapaleetorni. Pesurin jälkeen kaasu kulkee vielä jäähdytystornin kautta. Jäähdytykseen käytetään vettä. /1/

3.3 Aktiivihiiliadsorberit

Talteenottokaasujen sisältämä rikkihiili adsorboidaan aktiivihiileen. Prosessikaasussa mahdollisesti vielä mukana oleva rikkivety hapettuu kaliumjodidilla kyllästetyssä imeytimen alaosassa alkuainerikiksi. Kaliumjodidin ansiosta hapettuminen pysähtyy alkuainerikkiasteelle.



Talteenottolaitoksella on kuusi aktiivihiiliadsorberia, joista jokainen sisältää 22 tonnia aktiivihiiltä. Aktiivihiili pystyy sitomaan itseensä 9- 15 % painostaan rikkihiiltä. Yhteen adsorberiin voidaan teoriassa imeyttää 2- 3,3 tonnia rikkihiiltä. Suurimman osan ajasta adsorberit ovat latauksessa eli tilassa, jossa ne adsorboivat rikkihiiltä. Kun aktiivihiileen on imeytynyt maksimimäärä rikkihiiltä, se poistetaan siitä höyryttämällä 5 bar: n paineisella höyryllä ja lauhduttamalla sen jälkeen kaasuuntunut rikkihiili sekä vesihöyry takaisin nesteeksi. Yksittäisen adsorberin höyrytys tapahtuu 6-8 tunnin välein./6/

4 KAASUN TALTEENOTON PERUSTEITA

Viskoosin valmistuksen yhteydessä vapautuvat kaasut eli rikkihiili (CS_2) ja rikkivety (H_2S) on saatava talteen seuraavien syiden vuoksi: taloudelliset seikat, ympäristömääräykset, työturvallisuus ja paloturvallisuus /1/.

4.1 Taloudelliset seikat

Talteen saatua rikkihiiltä voidaan käyttää uudelleen prosessiin, joten mitä enemmän sitä saadaan talteen, sitä vähemmän on tarve ostaa uutta raaka-ainetta, näin syntyy säästöjä raaka-aine kustannuksiin. Rikkihiilen hinta on noin 235 € /tonni.

4.2 Ympäristömääräykset

Pirkanmaan Ympäristökeskus on ympäristölupapäätöksessään vuodelta 2004 säätänyt suurimmat sallitut päästörajat ilmaan rikkihiilelle ja rikkivedylle. Rikkihiilen suurin sallittu päästö määrä kuukausikeskiarvona saa olla enintään 6 t/d, ja suurin sallittu vuotuinen päästö määrä 2000 tonnia. Rikkivedyn vastaavat päästörajat ovat 0,6 t/d ja korkeintaan 200 tonnia vuodessa. /7/

4.3 Työhygieniä

Jatkuva altistuminen rikkihiilelle voi aiheuttaa vakavia terveyshaittoja, siksi kaasut on saatava tehokkaasti talteen työpaikan sisäilmasta. Säterillä sisäilman rikkihiilipitoisuuksia valvotaan päivittäin eri työpisteillä. Suurimmat sallitut määrät työpaikan sisäilmassa ovat 5ppm:n (16 mg/m^3) pitoisuudelle altistuminen kahdeksan tunnin työskentelyn aikana./8/ Työvaiheissa, joissa nämä arvot saavutetaan, täytyy käyttää hengityssuojainta.

4.4 Paloturvallisuus

Rikkihiili on erittäin helposti syttyvä ja räjähtävä aine. Sen leimahduspiste on -30 °C. (Leimahduspiste on lämpötila, jossa nesteestä haihtuvan höyryn ja ilman seos saadaan koelaitteessa syttymään). Rikkihiili voi syttyä kipinästä tai kuumasta

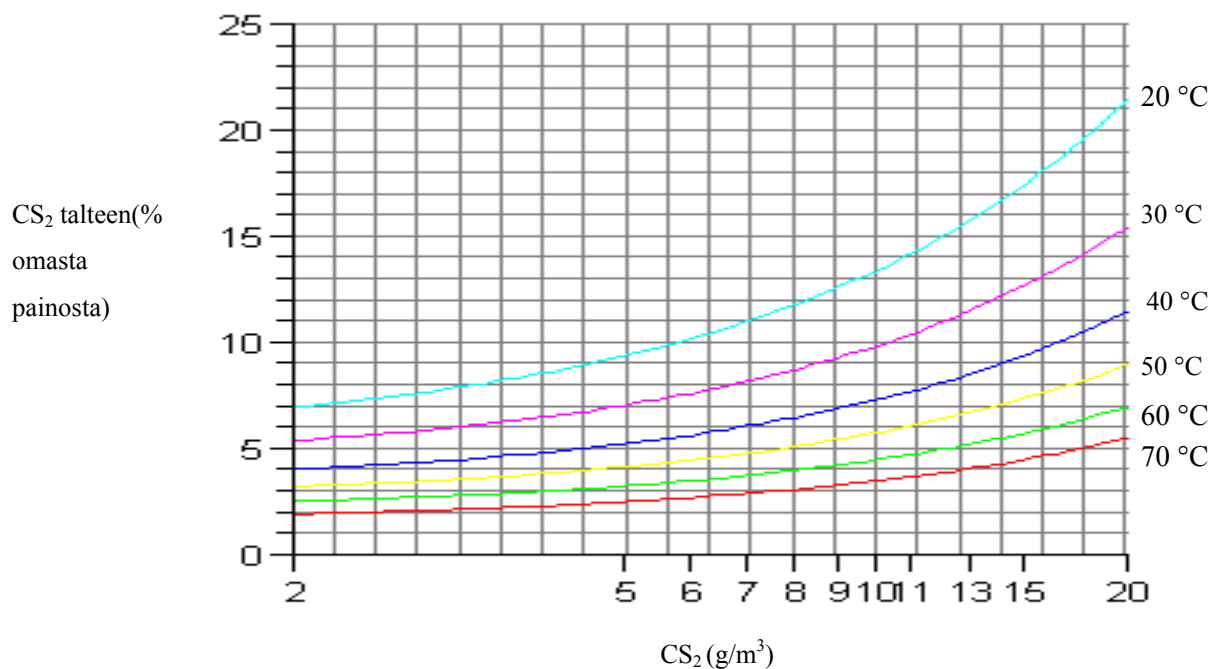
pinnasta. Kun siitä haihtuva höyry muodostaa yhdessä ilman kanssa seoksen, jonka pitoisuus on 1-50 %, puhutaan syttymisalueesta. Syttyminen on mahdollista vielä noin kymmenen metrin päästä päästökohdasta./8/

5 ONGELMAT TALTEENOTOSSA

5.1 Kaasun korkea lämpötila

Kehruukoneilla on kaasun talteenottokohteita, joista poistuvan kaasun lämpötila yli 50 °C. Näitä kohteita ovat 1-kehruukoneella jälkikäsitteily 1-kenttä, 6-kehruukoneella jälkikäsitteily 1-kenttä ja leikkurien suppilot, sekä 7-koneella venytyshauteen kuumennin ja jälkikäsitteily 1-kenttä.

CS₂: n talteenotto on sitä tehokkaampaa, mitä alhaisempaan lämpötilaan talteenottoon tuleva CS₂-pitoinen kaasu saadaan jäähdytettyä, koska aktiivihiilen adsorptiokyky riippuu olennaisesti talteenottoon tulevan CS₂: n lämpötilasta (kuva 3). Tavoitteena on jäähdyttää kaasu 32-35 °C lämpötilaan. Kaasun jäähdytys onnistuu parhaiten, kun siihen käytettävän järviveden lämpötila on alhainen. Näin ei ole varsinkaan kesällä, jolloin rikkihiilen talteenotto on heikommalla tasolla kuin talvikuukausina. Kaasun lämpötilaa nostaa kesällä myös ulkoilman korkeampi lämpötila, koska lämmön siirtyminen putkistossa olevasta kaasusta on hitaampaa kuin talvella, johtuen pienemmästä lämpötilaerosta putkistossa olevan kaasun ja ulkoilman välillä.



Kuva 3 Rikkihiilen adsorboituminen aktiivihiileen kaasun lämpötilan ja pitoisuuden vaihdellessa. Talteen saanti-% aktiivihiilen omasta kokonaismassasta adsorberissa (22 000 kg)

5.2 Talteen otettavan kaasun pieni CS₂-pitoisuus

CS₂:n talteenotto on sitä tehokkaampaa, mitä korkeampi rikkihiili konsentraatio kaasussa on. Vuoden 2004 tasekaavion mukaan (liite 2) rikkihiilen talteenottolaitokselle putkistoista tulevan kaasun CS₂-pitoisuus on ollut noin 9,1 g/m³. Pitoisuuden laskua tapahtuu, kun CS₂:n talteenotossa on kaasunkeruukohteita, joissa kohteesta poistuva/ haihtuva CS₂:n määrä on liian pieni suhteessa siihen ilmamäärään, johon haihtunut rikkihiili sekoittuu talteenottoputkistossa. Kun edellä mainitun kaltaisen kohteen talteenotettu kaasu sekoittuu myöhemmin muihin putkistoon talteenotettuihin kaasuihin, on seurauksena liian pieni pitoisuus aktiivihiileen adsorboituvassa kaasussa. Talteenottokohteita, joissa on liian pieni CS₂-pitoisuus, ovat 1-koneella kehruu, 6-koneella molemmat kehruulaidat sekä pesuhaude ja vetokivet ja 7-koneella kehruulaidat. (Liite 3)

5.3 Mahdollisuudet vaikuttaa talteenottoon

Aktiivihiiheen adsorboituvan CS₂:n lämpötilan saamiseksi tavoitetasolle (32–35 °C: n lämpötilaan) olisi jäähdytystornissa kaasun jäähdytykseen käytettävän veden oltava nykyistä viileämpää. Jäähdytysveden lämpötilaan ei kuitenkaan voida vaikuttaa. Ainoat seikat, joihin on mahdollista vaikuttaa, ovat jäähdytyksessä käytettävä vesimäärä sekä niistä talteenottokohteista kerättävien kaasujen jäähdyttäminen etukäteen, joissa kaasu on kuumaa. Veden määrää lisäämällä saadaan adsorboituvan kaasun lämpötilaa alennettua, jolloin CS₂ – talteenottoprosentti nousee paremmaksi. Veden määrää ei kuitenkaan voida lisätä rakenteellisten seikkojen vuoksi. Kesäaikana käytetään nykyisin jo maksimimäärä vettä kaasun jäähdytykseen.

5.3.1 Kuumien kaasujen jäähdyttäminen

Kuumia kaasuja etukäteen jäähdyttämällä, ennen kuumien kaasujen yhtymistä talteenottoputkistossa muihin kaasuvirtauksiin, voitaisiin alentaa rikkihiilen talteenottolaitokselle tulevan kaasun lämpötilaa.

Jäähdytyslaskuesimerkkejä

Esimerkkeihin on valittu kaksi kohdetta eli 6- ja 7-kehruukoneiden jälkikäsitteilykoneet. 6- koneelta vapautuvan kaasun lämpötila on keskimäärin 90 astetta ja 7-koneen kaasun lämpötila 65. Kaasu voidaan olettaa 100- prosenttiseksi kosteaksi ilmaksi, jonka energiasisällöt on saatu kostean ilman Mollier- i, x- piirroksista. (Liite 4)

6-kehruukoneen jälkikäsitteilykone-1:n kaasunjäähdytyksen vaikutus rikkihiilen talteenottolaitokselle tulevaan kaasuun (taulukot 1-3):

Taulukko 1

6-kone: jkk.1-kenttä virtauskeskiarvot:	
Tilavuusvirtaus (m ³ /h)	3394,00
Lämpötila (°C)	90
Energiasisältö (kJ/h)	3830514,00

Taulukko 2 Keskiarvoja rikkihiilen talteenottoon tulevan kaasun osalta

Rikkihiilen talteenottoon nykyään tuleva kaasu:	
Tilavuusvirtaus (m ³ /h)	90000,00
Energiasisältö (kJ/m ³)	209,00 (45°C)
Energiasisältö (kJ/h)	18786407,00

Taulukko 3 Rikkihiilen talteenottoon tulevan kaasun lämpöarvot, kun kaasua on ensin jäähdytetty 1-jkk.:ssa.

Kaasun lämpötilan muutos 1-jkk.:ssa	Ritoon tulevan kaasun lämpöarvot (kJ/m ³)	Lämpötila(°C)
90C°>85C°	n.201,00	n.44
90C°>80C°	n.195,00	n.43
90C°>75C°	n.192,00	n.43
90C°>70C°	n.188,00	n.42
90C°>60C°	n.181,00	n.42

7- kehruukoneen jälkikäsitteilykone-1:n kaasunjäähdytyksen vaikutus rikkihiilen talteenottolaitokselle tulevaan kaasuun (taulukot 4-6):

Taulukko 4 7-jälkikäsitteilykoneen nykyinen keskimääräinen virtaus

7-kone: jkk.1-kenttä keskiarvot:	
Tilavuusvirtaus (m ³ /h)	7879,103
Lämpötila (°C)	65
Energiasisältö (kJ/h)	3658591,00

Taulukko 5 Rikkihiilen talteenottoon tulevan kaasun energiasisältö, kun 7-koneen jälkikäsitteilykoneen kaasuja on jäähdytetty etukäteen.

Kaasun lämpötilan muutos 1-jkk:ssa	Ritoon tulevan kaasun lämpöarvot (kJ/m ³)	Lämpötila(°C)
65C°>60C°	n.202,00	n.44
65C°>55C°	n.196,00	n.43
65C°>50C°	n.191,00	n.43
65C°>45C°	n.186,00	n.42

6- ja 7-jälkikäsitteilykoneiden saman aikaisen kaasunjäähdytyksen vaikutus:

Taulukko 6 Rikkihiilen talteenottoon tulevan kaasun energiasisältö, kun molempien jälkikäsitteilykoneiden kaasuja on jäähdytetty etukäteen.

Lämpötilan muutos 6-jkk. + 7-jkk.	Ritoon tulevan kaasun lämpöarvot (kJ/m ³)	Lämpötila(°C)
Molemmissa 1-kentissä jäähdytetty -5°C	194,50	n.43
Molemmissa 1-kentissä jäähdytetty -10°C	182,30	n.41
Molemmissa 1-kentissä jäähdytetty -15°C	173,70	n.40
Molemmissa 1-kentissä jäähdytetty -20°C	165,30	n.39

5.3.2 Kaasun jäähdytykseen tarvittavan veden määrä

Kaasu jäähdytetään jäähdytystornissa lämmönvaihtimen avulla. Tarvittava jäähdytysvesi otetaan järvestä, joten etenkin kesällä vettä tarvittaisiin enemmän, jotta kaasun lämpötila saataisiin laskemaan tarvittavalle 35 °C tasolle. Seuraavassa laskuesimerkissä (taulukot 4-9) on laskettuna tarvittavan jäähdytysveden määrä, kun kaasun tilavuusvirtaus Ritoon on 90 000 m³/h, kaasun lämpötila on 45 °C ja jäähdytysveden lämpötila on 20 °C, kuten usein kesällä. Kaasun oletetaan olevan kostea ilmaa, jonka suhteellinen kosteus on 100 %.

Taulukko 7 Kostea ilma, 100 % suhteellinen kosteus: ainearvot. ρ_k (kg kuivaa ilmaa / m³ kostea ilmaa) ja x (kosteussuhde) on luettu kostean ilman taulukosta, joiden avulla voidaan laskea kaasun tiheys.

Lämpötila	ρ_k	x	Tiheys kg/m ³	kJ/kg	kJ/m ³
35 °C	1,07	0,038	1,10	130	144,4
40 °C	1,03	0,049	1,08	168	181,5
45 °C	0,98	0,065	1,04	215	223,6

Taulukko 8 Kaasusta jäähdytysveteen siirtyvän energian määrä nykyisin ja energian lisävähennystarve, kun kaasu on jäähdytettävä 35°C lämpötilaan.

Energian vähennystarve kJ/m ³ 45 °C...35 °C	Nykyisin energiaa saadaan pois kJ/m ³ lämpötilan laskiessa 45 °C...40 °C	Energian lisävähennystarve kJ/m ³ lämpötilan laskiessa 40 °C...35 °C
79,2	42,1	37,1

Taulukko 9 Veden lämpöarvot kJ/m³

Vesi	20 °C	30 °C	35 °C
kJ/m ³	83632	125449	146357

Kaasun (45 °C) tilavuusvirta voidaan jäähdyttää 35 °C lämpötilaan 1m³:lla vettä, jonka lämpötila on 20 °C:

$$= \frac{Q}{Q_1} \quad (\text{kaava 1})$$

,missä Q = 1m³: n vettä lämpömäärän (kJ) lisäys veden lämpötilan noustessa 20 °C > 35 °C

Q₁ = 1m³: n kaasua lämpömäärän (kJ) muutos kaasun lämpötilan laskiessa 45 °C > 35 °C

$$= \frac{62724 \text{ KJ}}{79,2 \text{ KJ} / \text{m}^3} = 792 \text{ m}^3$$

Ritoon tunnin aikana tulevan kaasun tilavuusvirta on keskimäärin 90000m³/ h, joten kyseisen kaasumäärän jäähdyttämiseen tarvittava vesimäärä on:

$$\frac{90000 \text{ m}^3 / \text{h}}{792 \text{ m}^3} = 114 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Nykyisin pesurilta jäähdytystorniin menevän kaasun lämpötila on noin 45 °C- 50 °C; kesällä lämpötila voidaan laskea 40 °C lämpötilaan. 114 m³/h vettä ei riittäisi jäähdyttämään kaasua 35 °C: seen, koska nykyisinkin vettä käytetään enemmän.

5.3.3 Kaasuvirtausten tasapainotus

CS₂:n talteenottoon voidaan vaikuttaa myös talteenottoputkiston virtauksia tasapainottamalla. Virtausten tasapainottamisen tavoitteena on saada CS₂- pitoisuus riittävälle tasolle sellaisten yksittäisten talteenottokohteiden kohdalla, joissa

pitoisuus on liian matala. Kun pitoisuus saadaan riittäväksi näiden kohteiden osalta, pitäisi pitoisuuden nousun vaikuttaa koko sen kaasumäärän pitoisuuteen, joka loppujen lopuksi tulee putkistoa myöden kaasun talteenottolaitokselle. Kaasuvirtauksia voidaan tasapainottaa käyttämällä putkistossa sijaitsevia virtausta rajoittavia säätömahdollisuudella varustettuja läppii. Kun virtaavan ilman määrää saadaan rajoitettua tällä tavoin, niin kaasunkeruukohteen CS₂- pitoisuus nousee. Vastaavasti toimenpide vaikuttaa muidenkin kaasunkeruukohteiden virtauksiin niitä lisäten, koska putkiston kokonaisvirtausmäärä pysyy melko tarkkaan samana. Kaasuvirtausten tasapainottaminen on tehtävä kuitenkin työhygienian siitä kärsimättä.

6 KOEJÄRJESTELYT JA MITTAUSTULOKSET

Mittausten tavoitteena oli saada mahdollisimman hyvä kuva niistä virtausolosuhteista, jotka kaasunkeruuputkistossa vallitsevat. Tarkoituksena oli saada selville ne kaasunkeruukohteet, joissa rikkihiilipitoisuus on hyvin korkea tilavuusvirtauksen ollessa matalalla tasolla sekä kohteet, joissa on matalat pitoisuudet, mutta tilavuusvirtaus on suuri. Kohteista mitattiin lisäksi lämpötilat. Mittaustuloksia tulee vertailla aiempiin vastaaviin mittauksiin verrattuna.

6.1 Mittausolosuhteet

Mittauksia pyrittiin tekemään, kun vapautuvat kaasut ohjattiin kokonaisuudessaan rikkihiilen talteenottolaitokselle, eikä yhdenkään viskoosikoneen kaasuja ohjattu piippuun. Piippuun ohjausta tapahtuu mm. silloin kun jokin kone käy hitaasti tai koneella on meneillään huoltotoimenpiteitä. Lisäksi talteenottolaitoksen puhaltimien pysähtyminen saa aikaan kaasuläppien kääntämisen piippuun. CS₂- talteenoton tilanteen pystyi tarkistamaan tiedonkeruujärjestelmän keräämistä prosessitiedoista.

6.2 Käytetyt mittausmenetelmät

Mittauksia tehtiin 1-, 6- ja 7- kehruukoneilta poistuvista kaasuvirtauksista. Kullakin kehruukoneella on kaasunkeruukohteita, ja mittauksia tehtiin näitä keruukohteita vastaavista mittauspisteistä. Kerrallaan mitattiin vain tietyltä koneelta poistuvien kaasujen arvot eri mittauspisteissä, ja tämä toistettiin kunkin koneen kohdalla kolmesti.

Kaasun CS₂-pitoisuuden mittaamiseen käytettiin Dräger-ilmaisinputkia ja virtauksen sekä alipaineen mittaamiseen Pitot-putkea. Lämpötilat mitattiin tavallisella teollisuuslämpömittarilla. Virtaus mitattiin, riippuen kaasunkeruuputken halkaisijasta, 4- 6:ssa yhtä suurta putken poikki pinta-alaa edustavassa mittauspisteessä. Virtausnopeudesta laskettiin tilavuusvirtaukset. Jokaisessa mittauspisteessä ei välttämättä ole mittauksen luotettavuuden kannalta riittävää etäisyyttä putkessa olevaan mutkaan, joten tuloksia on pidettävä vain suuntaa antavina. Kaasun pitoisuuden mittaamiseen käytettyjen Dräger-putkien mittaustarkkuudeksi valmistaja ilmoittaa noin 20 % /1/.

7 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

Tuloksia on käsitelty niiden kolmen koneen osalta, joista mittauksia tehtiin, vertaamalla eri mittauskertojen välisiä poikkeamia keskenään. Poikkeamia on tarkasteltu vain suurimpien virtausmuutosten osalta, ja tarkastelussa pyritty tekemään edes jonkinlaisia päätelmiä tietyn mittauskohteen virtausmuutosten mahdollisista vaikutuksista muiden mittakohteiden arvojen muutoksiin. Tuloksia on myös vertailtu aikaisempiin vastaaviin mittauksiin.

7.1 Mittausten tarkastelua 6-koneen osalta

27.1.>2.6.pesuhauteen ja vetokivien virtauksen vähentyminen yli 50 % verrattuna 27.1. tehtyihin mittauksiin on parantanut talteenottoa CS₂: n väkevyyden osalta.

Alipaine on silti pysynyt riittävällä tasolla. Samalla molempien kehruulaitojen alipaine (-0,20 ja -0,19 kPa) on laskenut, mikä on kuitenkin ristiriitaista, koska samanaikaisesti kehruulaita 12: n tilavuusvirtaus on kasvanut huomattavasti (yli 2000 m³/h). Tähän kuitenkin voisi olla syynä juuri pesuhauteen ja vetokivien virtauksen lasku. Kehruulaita 11 virtaukseen pesuhauteen ja vetokivien virtauksen puoliintuminen ei ole juurikaan vaikuttanut. Myöskään jälkikäsittely 1-kentän alipaineeseen pesuhauteen ja vetokivien virtauksen sekä alipaineen lasku ei ole vaikuttanut mitenkään, mutta virtaus on vähentynyt jälkikäsittely 1- kentässä, johon syynä on luultavimmin kehruulaita 12: n virtauksen suuri kasvu.

Leikkurin koteloihin ja suppiloihin kehruulaita 12 noin 20 % virtauksen kasvu on vaikuttanut huomattavasti: laskua on tullut keskimäärin noin 30 %.

Muiden kohteiden virtaukset ovat myös nekin laskeneet, johon mahdollisena syynä voi olla talteenottolaitoksen puhaltimien vajaa kapasiteetti sekä kehruulaita 12: n liian suuri virtaus.

2.6>15.6.: Pesuhauteen ja vetokivien virtaus on lisääntynyt edellisestä kerrasta (2.6.) 15 % ja alipaine kaksinkertaistunut. Samalla virtaus on vähentynyt 22 % kehruulaita 12: sta, joka voi johtua edellä mainitusta pesuhauteen ja vetokivien lisääntyneestä virtauksesta. Kuitenkin alipaine kehruulaita 12: sta on kasvanut huolimatta virtauksen vähenemisestä, jonka syytä taas on vaikea sanoa.

Jälkikäsittely 1- kentän virtaus on parantunut johtuen ehkä juuri kehruulaita 12 vähentyneestä virtauksesta. Alipaine ei kuitenkaan ole parantunut. Kehruulaitojen 11 ja 12 virtauksia voitaisiin muutenkin alentaa.

Jälkikäsitteily 1- kentän kohdalla paras tilanne on ollut 25.4.mittauksissa, jolloin oli havaittavissa pieni alipaineikin. Virtaus oli tuolloin myös kaikista mittauksista parhaalla tasolla. Samanaikaisesti kehuulaitojen virtaukset olivat kaikkein pienimmät kaikista mittauksista. Samanaikaisesti kuitenkin 5-kehuukone on ollut poissa käytöstä.

7.2 Mittausten tarkastelua 1-koneen osalta

1-koneella havaittuja poikkeamia ja niiden mahdollisia syitä ovat:

23.2.mittaukset verrattuna 22.5.tuloksiin:

Pesuhauteen virtausta tulisi lisätä, koska kaasu on melko väkevää. Pesuhauteessa on lisäksi huono alipaine, jota voitaisiin parantaa vähentämällä kehuulaitojen virtauksia, joissa on pieni pitoisuus.

Alipaine ei kuitenkaan laske merkittävästi, vaikka virtausmäärissä on ollut eri mittauskerroilla yli 11 % eroja, alipaine on laskenut maksimissaan -0,22 kPa:sta - 0,16 kPa:n, jonka pitäisi olla riittävä. Kehuulaitojen virtausten vähentäminen ei silti saa vaikuttaa heikentävästi työhygieniaan.

27.1.mittaukset verrattuna 22.5 tilanteeseen:

Kehruun virtauksen kasvu 5 % on vähentänyt virtauksia pesuhauteella (-6 %) ja jälkikäsitteily 1-kentässä (n.-5 %) verrattuna

22.5.mittauksiin. Kuitenkin pesuhauteessa ja jälkikäsitteily 1- kentässä kaasut ovat väkevämpiä, joten niissä pitäisi olla myös parempi virtaus. Alipaineisiin kehuun virtauksen kasvu ei ole vaikuttanut jälkikäsitteily 1-kentässä, mutta pesuhauteen alipaine on hieman huonompi (laskee nolla- tasolle) mikäli kehuun virtaus on korkea.

7.3 Tarkastelua 7-koneen osalta

15.3. tehdyt mittaukset verrattuna 13.1.tehtyihin mittauksiin:

vetokivien ja pesuhauteen virtaus on lähes kolminkertaistunut tammikuun tilanteesta. Seurauksena on happosäiliöiden virtauksen lasku yli 25 %.

Happosäiliöiden kaasu on kuitenkin melko väkevää, joten sieltä virtauksen ei välttämättä tarvitsisi vähentyä. Alipaineeseen vaikutusta on noin -10 %, mutta se on edelleen riittävä. Venytyshauteen sihtilaatikon virtaus on kasvanut tammikuun mittauksiin verrattuna yli 50 %, joka on myös saattanut vaikuttaa happosäiliöiden virtauksen laskuun.

26.6.- tilanne verrattuna 15.3.-tilanteeseen:

Kehruun virtaus on lisääntynyt noin 40 %, jonka vaikutus näkyy happosäiliöiden virtauksen vähenemisenä yli 40 %. Happosäiliöiden alipaineeseen kehruun virtauksen muutoksella ei ole ollut vaikutusta. Venytyshauteen kuumentimen jo ennestäänkin erittäin pieni virtaus on lakannut kokonaan, johon saattaa olla syynä juuri kehruun huomattava virtauksen lisääntyminen. Vetokivien ja pesuhauteen virtaus on vähentynyt lähes 70 % (pienimpään arvoonsa kaikista mittauksista), jolloin samanaikaisesti kehruun virtaus on suurin kaikista sen mitatuista arvoista. Sama riippuvuus on havaittavissa verrattaessa näiden kohteiden kesäkuussa tehtyjä mittauksia tammikuussa tehtyihin mittauksiin.

7.4 Mittaustulosten tarkastelua aiempiin vastaaviin mittauksiin verrattuna

Mittausten tarkastelua 1-koneen osalta:

Pesuhauteen ja vetokivien tai kehruun mitatuissa arvoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Mittausten tarkastelua 6-koneen osalta:

Nykyään jälkikäsittely 1-kentän tilanne on paljon huonompi kuin aiemmin, koska sen virtausmäärät ovat laskeneet alle puoleen entiseen verrattuna. Aiemmat virtaukset olivat n.8000 m³/h, kun ne nykyään ovat vain n.3000 m³/h. Virtauksen pitäisi kuitenkin olla paljon korkeampi, koska nykyään CS₂- pitoisuus on jo 60 g/m³. Osittainen syy jälkikäsittely 1-kentän huonompiin virtausmääriin ja alipaineisiin saattaa olla kehuulaitojen virtausmäärät, jotka ovat nykyisin noin kaksinkertaiset. Kehruulaitojen kaasuja ei ennen ohjattu 6-koneen vauhtipuhaltimen kautta, toisin kuin nykyään, siksi kaasujen ohjaus puhaltimelle on luonnollisesti nostanut niiden virtausmääriä. Venytyshauteen sihtilaatikoiden osalta tilanne näyttää nykyisin paremmalta, koska virtaukset ovat alle puolet aiemmista (n.3000 m³/ h), jonka ansiosta CS₂- pitoisuus on saatu paremmalle tasolle.

Mittausten tarkastelua 7-koneen osalta:

7-koneen yhteisputken (kaikki 7-koneen kaasuvirtaukset lukuun ottamatta kehuulaitoja ja venytyshauteen sihtilaatikkoa) virtaus (22000 m³/h) on nykyään 40 % pienempi kuin aikaisemmissa mittauksissa. Kuitenkin 7-koneen kaasunkeruuputkiston virtausten aikaansaamiseksi on nykyisin oma puhallin, jota ei aiemmin tehtyjen mittausten aikaan vielä ollut. Aiemmin kyseiseltä koneelta kerättävät kaasut yhtyivät 6-koneen kaasuihin. Nykyään molemmilla koneilla on siis oma puhaltimensa. Tämän perusteella voisi olettaa, että virtaus olisi nykyään suurempi. CS₂- pitoisuus yhteisputken kautta kulkevissa kaasuissa on nykyisin noin 20 g/m³ aiemman 16 g/m³:n sijaan.

Suurimmat muutokset virtausmäärissä aiempiin mittauksiin verrattuna ovat tapahtuneet kehuulaitojen ja haposäiliöiden osalta. Kehruulaitojen virtaus on lisääntynyt noin 70 % (7000 m³/h > 11700 m³/h), jolloin CS₂-pitoisuus on laskenut noin 25 % (12 g/m³ > 9 g/m³). Tilanne on näin ollen hieman huonontunut. Kehruulaitojen virtauksen kasvulle on vaikeahkoa osoittaa mitään yksittäistä syytä,

koska minkään muun kaasunkerukohteen virtaus ei ole samanaikaisesti laskenut niin merkittävästi, että se aiheuttaisi kyseisen virtauksen noin 70 % kasvun. Happosäiliöiden virtausmäärä on vähentynyt noin 40 % aikaisemmasta ($2300 \text{ m}^3/\text{h} > 1400 \text{ m}^3/\text{h}$), ja CS_2 - pitoisuus noussut 50 % ($15 \text{ g/m}^3 > 30 \text{ g/m}^3$), joten tilanne on parantunut, koska pitoisuus on noussut.

8 JATKOTOIMET

Kuumien kaasujen jäädytystarpeeksi saatujen tulosten perusteella (taulukot 1-7) otettiin selvää saatavilla olevista lämmönvaihdin vaihtoehtoista tähän tarpeeseen. 6- ja 7-jälkikäsitteilykenttien lämmönvaihtimien pitäisi olla pienikokoisia, koska ne sijoitetaan katolle. Lämmönvaihtimien pitäisi myös olla materiaaliltaan sellaisia, että ne kestävät korroosiota aiheuttavaa CS_2 - ja H_2S -pitoista kaasua.

Vahterus Oy:lle lähetettiin tarjouspyyntö lämmönvaihtimesta. Tarjouspyyntö koski lämmönvaihdinta, joka mitoitettaisiin seuraavanlaisten arvojen mukaan:

- 6-jälkikäsitteilykentän kaasua jäädytetään 90°C :sta 85°C :een
- jäädytysvesi lämpenee 20°C :sta 30°C :een, jolloin vettä tarvitaan $16 \text{ m}^3/\text{h}$
- kaasun massavirtaus on n. 1000 kg/h
- lämmönvaihdin kestää CS_2 - ja H_2S -pitoista kaasua.

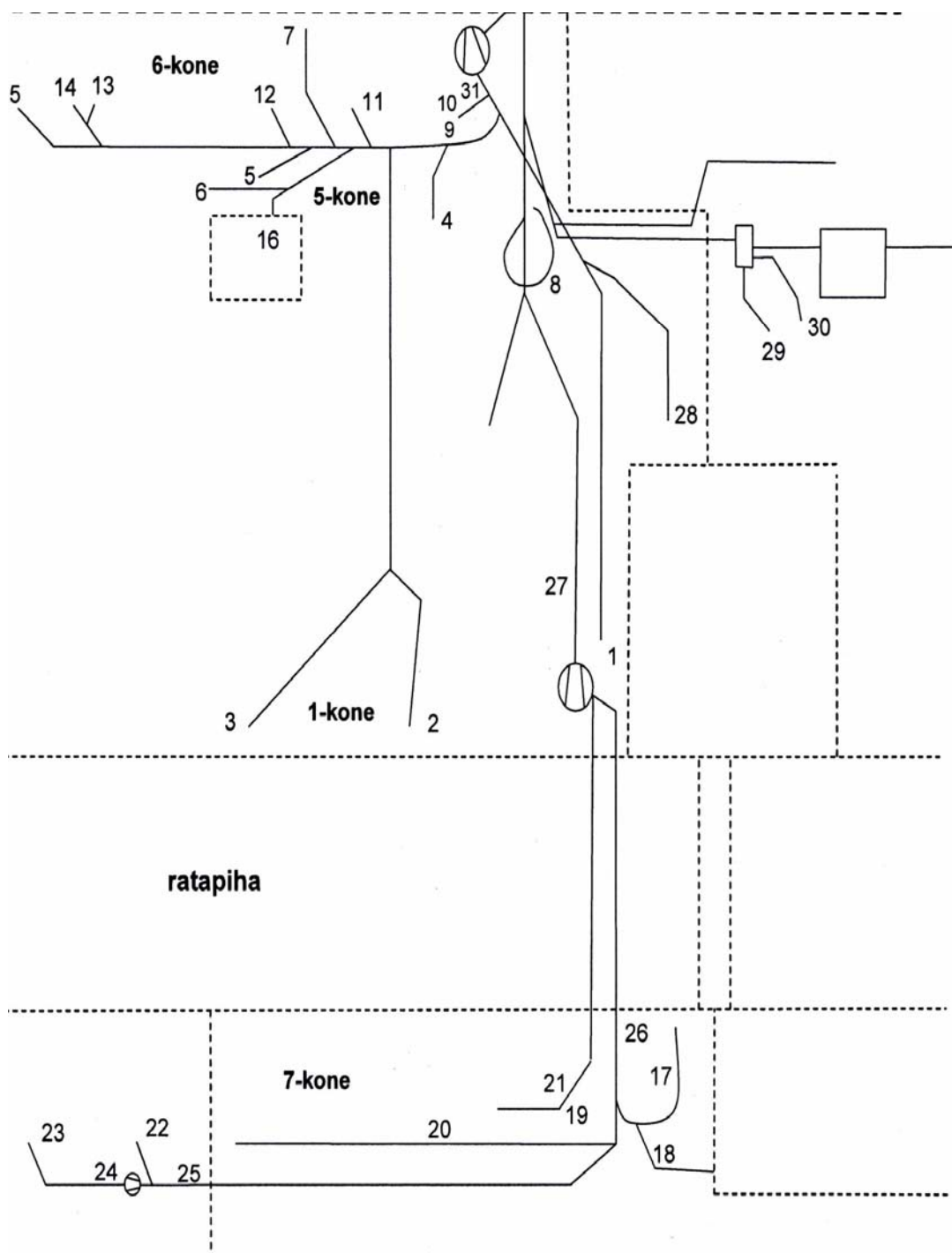
Tarjouspyyntö saatiin levylämmönvaihtimesta (liite 5). Todettiin kuitenkin, että kyseinen lämmönvaihdin ei sovellu tarkoitukseen, koska kaasun lämpötilan pudotus 90°C :sta 85°C :een ei ole vielä riittävä. Riittävä lämpötilan samanaikainen pudotus sekä 6- että 7-jälkikäsitteilykoneilta poistuvissa kaasuissa olisi vähintään 20°C , jolloin adsorberiin tuleva kaasu olisi n. 35°C -asteista. Lämmönvaihtimen materiaali on myös tarkoitukseen soveltumaton, sillä AISI 316L ei kestä

kunnolla hapanta kaasua. Laitteen hinta nousisi todennäköisesti melkoisesti, kun materiaalina käytettäisiin esim. Cr-Ni-Mo-seosta. Lämmönvaihdin aiheuttaisi myös paineen pudotuksen keruuputkistossa, joka olisi 4,70 kPa, jolloin olisi hankittava uusi puhallin.

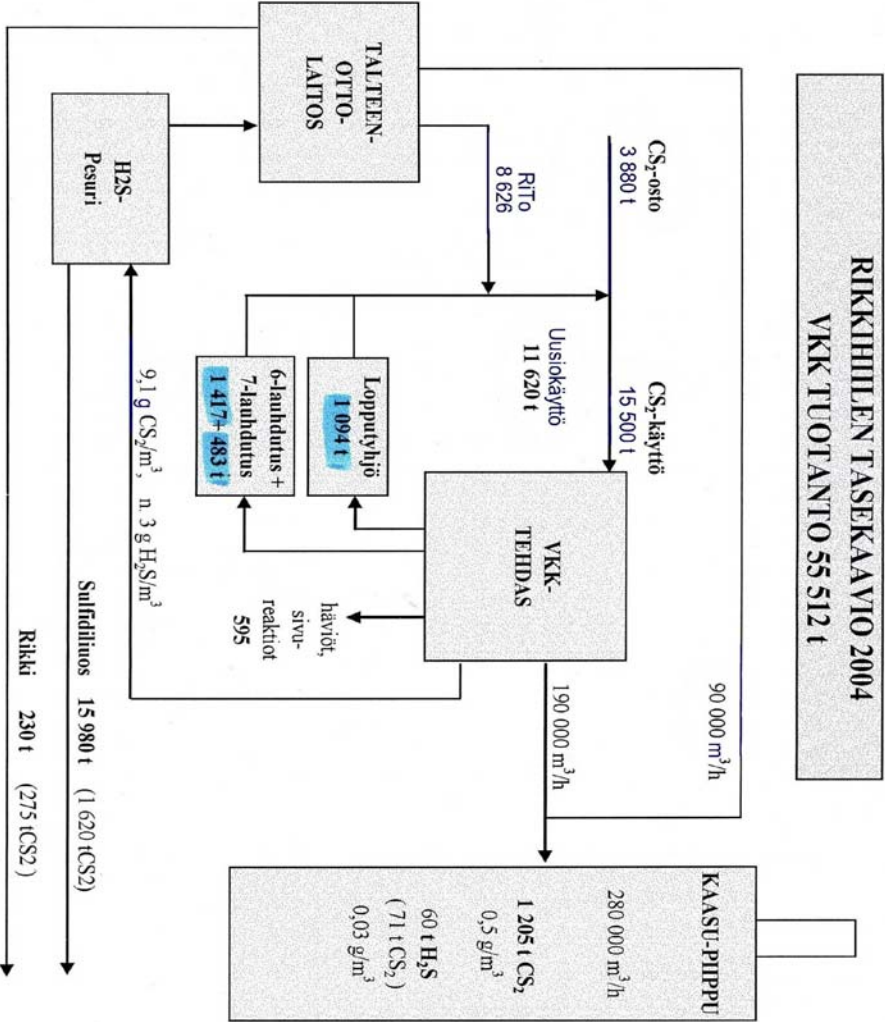
Paras vaihtoehto olisi suoraan vesisuihkukontaktiin perustuva lämmönpuutos. Tästä seuraa myös rikkihiilellä kontaminoituneen ja lämmenneen jäähdytysveden käsittelytarpeen, joka on syytä ottaa huomioon heti suunnittelun alkuvaiheessa.

LÄHDELUETTELO

- 1 Isoherranen, Juha Prosessikaasujen hallinnan kehittäminen, Insinööritoimisto; Tampereen Teknillinen Oppilaitos, Prosessiosasto, Tampere 1994, 33 s.
- 2 Viskoosikuidun valmistus
Kemira Oy Säteri 1990
Esko Haukkavaara 279 s.
- 3 Tuhkanen, Mika Lahtinen, Ari Louhivuori, Paavo
Prosessikuvaus 6-linja
Säteri Oy, Valkeakoski 24.10.2005
- 4 Tuhkanen, Mika Louhivuori, Paavo
Prosessikuvaus 7-linja
Säteri Oy, Valkeakoski 18.8.2005
- 5 Edu.fi [www-sivu] [viitattu 20.3.2006] Saatavissa:
<http://prosessitekniikka.kpedu.fi/doc-html/tekokuid.html>
- 6 Rito [Microsoft Power Point-esitys]
Säteri Oy, Valkeakoski 2005 Timo Halme
- 7 Pirkanmaan Ympäristökeskus
Ympäristölupapäätös 16.12.2004
[www-sivu] [viitattu 1.4.2006]
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>
- 8 Työterveyslaitos [www-sivu] [viitattu 1.4.2006]
Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/>



Linja	Numero	Selvennys	Tunnus
1-Kone	1	Kehruukone	1-TO-01
	2	Pesuhaude	1-TO-02
	3	JKK 1-kenttä	1-TO-03
5-Kone	4	Kehruukone	5-TO-01
	5	Vetokivet ja pesuhaude	5-TO-02
	6	JKK 1-kenttä	5-TO-03
6-Kone	7	Entiset 6-koneen happosäiliöt (tyhjät)	6-TO-01
	8	6-koneen happosäiliöt	6-TO-02
	9	Kehruukoneen 11-laita	6-TO-03
	10	Kehruukoneen 12-laita	6-TO-04
	11	Venytyshauteen sihtilaatikko	6-TO-05
	12	Vetokivet ja pesuhaude	6-TO-06
	13	Leikkurien kotelot	6-TO-07
	14	Leikkurien suppilot	6-TO-08
	15	JKK 1-kenttä	6-TO-09
	16	6-koneen venytyshauteen kuumennin	6-TO-10
	***	JKK. alkupään säiliöt	6-TO-11
7-Kone	17	Happosäiliöt ja lopputyhjän lauhtumattomat	7-TO-01
	18	Venytyshauteen kuumennin	7-TO-02
	19	Kehruukone laitat 13 ja 14	7-TO-03
	20	Vetokivet ja pesuhaude	7-TO-04
	21	Venytyshauteen sihtilaatikko	7-TO-05
	22	Leikkurien kotelot ja suppilot	7-TO-06
	23	JKK 1-kentän haara	7-TO-07
	24	1-kenttä (mittauspiste ennen puhallinta)	7-TO-08
Kaasunkeruukohteilta yhtyvien putkien mittauspaikat			
7-kone	25	7-JKK:n 1-kenttä + 7-Leikkurien kotelot ja suppilot	7-TO-09
	26	Koko 7-linja ilman kehruta ja venytyshaudetta	7-TO-10
	27	Koko 7-linjan poistokaasut	7-TO-11
Yhteiset	28	5- ja 6-kehruukoneiden happosäiliöt	Y-TO-01
	29	Ilmanerotajat 5-6	Y-TO-02
	30	Ilmanerotajat 1-4	Y-TO-03
	31	Lisäkaasupuhaltimen imupuoli	Y-TO-04
	32	Yhteisputki kaasupesurille ja talteenottoon	Y-TO-05
	33	Rikittäjien ja alaliuottajien poistoilma	Y-TO-06
	34	1-5 Jkk.alkupään säiliöiden putki	Y-TO-07
	35	Haihduttajien tyhjiöpumput	Y-TO-08



MITTAUSTULOKSET

1-kone

27.1.2006:

tuotanto 11,5 t/d

	putken halk.(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS₂ (g/ m₃)	lämpötila °C	virtaus (m³/h)
pesuhaude	500,0	1,3	0...-0,007	15,0	41,0	919
jkk.1-kenttä	400,0	4,1	-0,25	10,0	66,0	1854
kehruu	620,0	5,1	-0,18	1,0	21,0	5542

1-kone

23.2.2006:

tuotanto 13,3 t/d

	putken halk.(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS₂ (g/ m₃)	lämpötila °C	virtaus (m³/h)
pesuhaude	500,0	1,8	0,0	18,0	30,0	1272
jkk.1-kenttä	400,0	4,3	-0,017	15,0	62,0	1922
kehruu	620,0	5,4	-0,22	6,0	19,0	5904

1-kone

9.5.2006:

tuotanto 11,6 t/d

5-kone ei
tuotantoa

	putken halk.(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS₂ (g/ m₃)	lämpötila °C	virtaus (m³/h)
pesuhaude	500,0	1,9	-0,02	18,0	36,0	1329
jkk.1-kenttä	400,0	4,9	-0,02	16,0	68,0	2216
kehruu	620,0	4,9	-0,19	4,0	29,0	5325

1-kone

22.05.2006:

tuotanto 11,0 t/d

	putken halk.(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS₂ (g/ m₃)	lämpötila °C	virtaus (m³/h)
pesuhaude	500,0	1,4	-0,01	17,0	35,0	975
jkk.1-kenttä	400,0	4,2	-0,01	17,0	67,0	1888
kehruu	620,0	4,9	-0,16	1,0	27,0	5270

Mittaustulokset

LITTE 3/ 1 (5)

1-kone keskiarvoja:

	ka. virtaus (m/s)	alipaine(kPa)	ka. CS ₂ (g/ m ³)	ka. lämpötila °C	ka. virtaus (m ³ /h)
pesuhaude	1,5	-0,01	17	35,3	1055
jkk. 1-kenttä	4,2	-0,07	14,0	65,0	1888
kehruu	5,1	-0,19	2,7	22,3	5572

6-kone

tuotanto 73 t/d

27.1.2006:

	putken halk. (mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS ₂ (g/ m ₃)	lämpötila °C	virtaus (m ³ /h)
kehruu 1.1 laita	810,0	7,0	-0,2	3,0	26,0	12983
kehruu 1.2 laita	810,0	7,6	-0,19	3,0	26,0	14096
venh.sl.	320,0	3,4	-0,12	10,0	28,0	984
pesuh.vetok.	800,0	5,5	-0,06	5,0	22,0	9951
leikkurien kotelot	320,0	4,6	-0,016	10,0	24,0	1332
leikkurien suppilot	320,0	1,2	-0,017	20,0	66,0	347
jkk. 1-kenttä	620,0	3,4	0	50,0	83,0	3695
happosäiliöt	510,0	1,6	-0,1	5,0	21,0	1162
lisäkaasupuhallin	1120,0	16,0	-0,53	10,0	36,0	56737

6-kone

tuotanto 60 t/d

2.6.2006:

	putken halk. (mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS ₂ (g/ m ₃)	lämpötila °C	virtaus (m ³ /h)
kehruu 1.1 laita	810,0	6,8	-0,14	8,0	29,0	12581
kehruu 1.2 laita	810,0	9,0	-0,17	8,0	27,0	16631
venh.sl.	320,0	3,4	-0,11	21,0	40,0	970
pesuh.vetok.	800,0	2,6	-0,02	13,0	25,0	4674
leikkurien kotelot	320,0	3,3	-0,01	10,0	33,0	948
leikkurien suppilot	320,0	1,0	0	33,0	68,0	282
jkk. 1-kenttä	620,0	2,9	0	60,0	90,0	2926
happosäiliöt	510,0	1,7	-0,06	15,0	28,0	1250
lisäkaasupuhallin	1120,0	16,3	-0,51	10,0	42,0	57919
jkk. alkupään säiliöt	320	7,7	-0,04	40,0	85,0	2236

6-kone 15.06.2006

tuotanto 72t/d
putken halk.

	(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS ₂ (g/ m ³)	lämpötila °C	virtaus (m ³ /h)
kehruu 1.1 laita	810	6,6	-0,15	9,0	30,0	12179
kehruu 1.2 laita	810	7,0	-0,2	5,0	29,0	12921
venh.sl.	320	3,3	-0,1	30,0	39,0	941
pesuh.vetok.	800	3,0	-0,04	8,0	27,0	5367
leikkurien kotelot	320	3,2	-0,007	22,0	33,0	912
leikkurien suppilot	320	1,0	-0,007	45,0	65,0	289
jkk. 1-kenttä	620	3,5	0,07	60,0	90,0	3562
happosäiliöt	510	1,6	-0,08	10,0	28,0	1176
lisäkaasupuhallin	1120	15,7	-0,48	11,0	44,0	55555
jkk.alkupään säiliöt	320	8,5	-0,005	45,0	80,0	2461

HUOM!

5-kone ei
tuotantoa

6-kone 25.4.2006:

tuotanto 75 t/d
putken halk.
(mm)

	(mm)	virtaus (m/s)	alipaine (kPa)	CS ₂ (g/ m ³)	lämpötila °C	virtaus (m ³ /h)
kehruu 1.1 laita	810,0	6,4	-0,15	10,0	30,0	11917
kehruu 1.2 laita	810,0	6,6	-0,19	8,0	30,0	12303
venh.sl.	320,0	3,4	-0,13	17,0	31,0	984
pesuh.vetok.	800,0	3,7	-0,06	19,0	28,0	6604
leikkurien kotelot	320,0	4,2	-0,02	10,0	33,0	1223
leikkurien suppilot	320,0	1,4	-0,02	50,0	68,0	411
jkk. 1-kenttä	620,0	3,7	-0,01	60,0	88,0	3806
happosäiliöt	510,0	2,3	-0,1	7,0	29,0	1691
lisäkaasupuhallin	1120,0					
jkk. alkupään säiliöt	320,0	5,4	-0,05	48,0	79,0	

6-kone keskiarvoja:

	alipaine(kpa)	CS ₂ (g/m ³)	lämpötila(°C)	til.virtaus(m ³ /h)
kehruu 1.1 laita	-0,16	7	28	12581
kehruu 1.2 laita	-0,19	5	27	14549
venh.sl.	-0,11	20	36	965

pesuh.vetok.	-0,04	9	25	6664
leikkurien kotelot	-0,01	14	30	1064
leikkurien suppilot	-0,01	33	66	306
jkk. 1-kenttä	0,02	57	88	3394
happosäiliöt	-0,08	10	26	1196
lisäkaasupuhallin	-0,51	10	41	56737

7-kone 13.01.2006

tuotanto 80 t/d
putken halk.
(mm)

virtaus (m/s)

alipaine (kPa)

CS₂ (g/m³)virtaus (m³/h)

lämpötila(°C)

lämpötiloja ei
mitattu tällä
kerralla

happosäiliöt	500,0	2,9	-0,17	10,0	2032
venh.kuum.	320,0	0,5	-0,18	20,0	145
kehruu 13L ja 14L	800,0	6,0	-0,22	8,0	10795
vetok. ja pesuh.	720,0	6,1	-0,18	10,0	8380
venh.sihtil.	480,0	1,5	-0,18	15,0	2610
leikk.kotelot ja supp.	400,0	4,8	-0,08	10,0	2171
jkk.1-kenttä	600,0	7,0	-0,12	15,0	7141

7-kone

tuotanto 79,5 t/d

15.03.2006

putken ø(mm)

virtaus(ms)

alipaine(kPa)

CS₂(g/m³)til.virtaus(m³/h)

lämpötila(°C)

happosäiliöt	500,0	2,1	-0,15	22,0	1482	33,0
venh.kuum.	320,0	0,5	-0,15	21,0	144	75,0
kehruu	800,0	5,7	-0,18	5,0	10241	26,0
vetok.+ pesuh	720,0	15,8	-0,15	10,0	23101	25,0
venh.sl.	480,0	3	-0,17	16,0	1939	32,0
leikk.kotelot+supp.	400,0	4,8	-0,08	12,0	2189	19,0

1-kenttä, yläosa (ennen

lisävauhtipuhallinta)

1-kenttä(vauhtip.jälk.)

yhteisputki

1-kentän haara

kattotaso

600,0

7,7

-0,13

18,0

7778

63,0

600,0

10,5

-0,12

18,0

10550

57,0

1120,0

6,7

-0,20

15,0

23879

49,0

600,0

9

-0,04

20,0

9097

63,0

vauhtip.jälk.(vanhapuoli)	1120,0	9,8	-0,25	14,0	34808	38,0
---------------------------	--------	-----	-------	------	-------	------

7-kone

tuotanto 78 t/d

26.06.2006

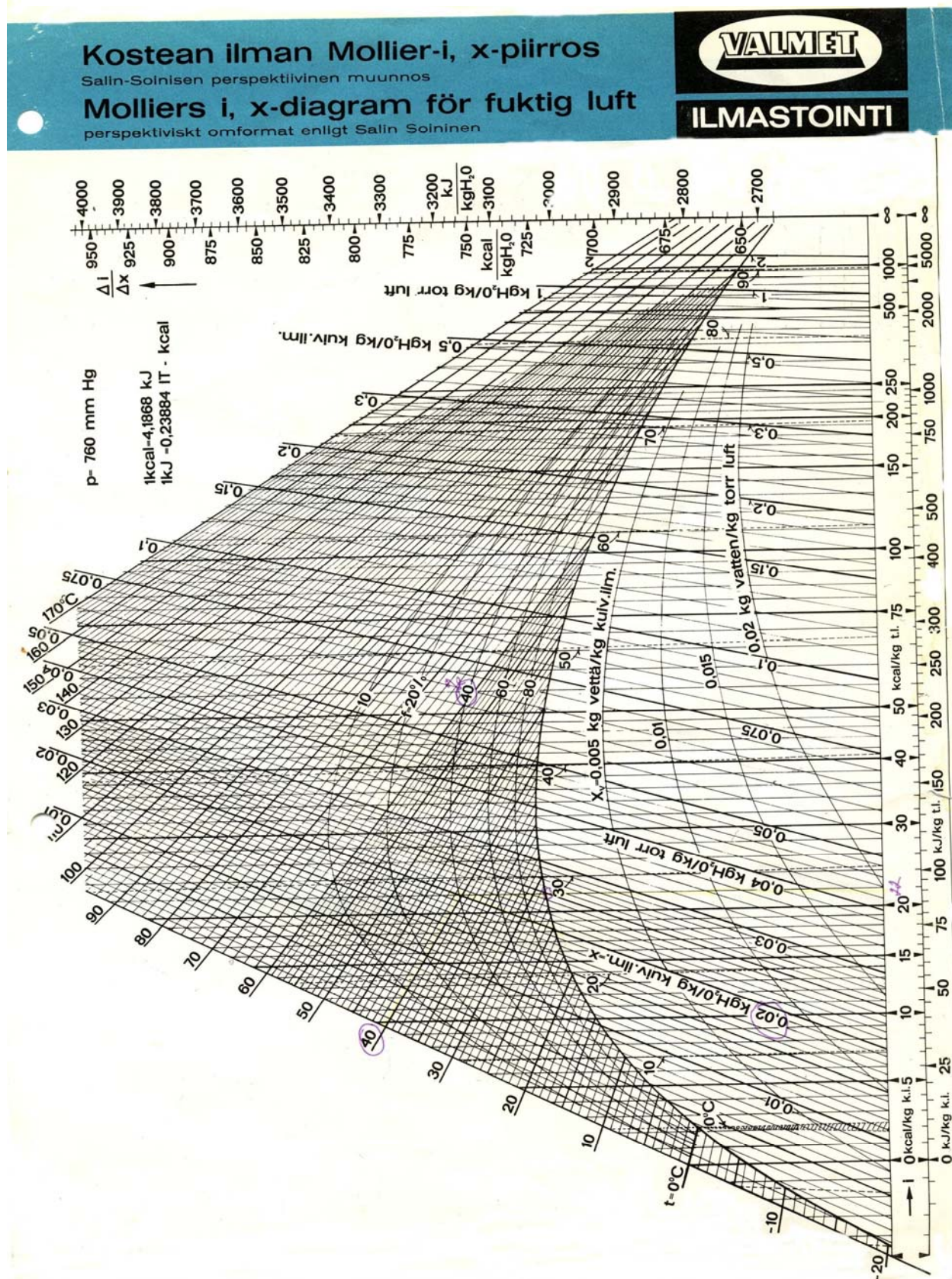
	putken ø(mm)	virtaus(ms)	alipaine(kPa)	CS2(g/m3)	til.virtaus(m3/h)	lämpötila(°C)
happosäiliöt	500,0	1,1	-0,15	65,0	795	36,0
venh.kuum.	320,0	0,0	-0,15	11,0	0,0	27,0
kehruu	800,0	7,9	-0,19	15,0	14202	34,0
vetok.+ pesuh	720,0	5,4	-0,16	22,0	7840	35,0
venh.sl.	480,0	4,3	-0,19	7,0	2817	29,0
leikk.kotelot+supp.	400,0	5,2	-0,1	9,0	2341	31,0
1-kenttä, yläosa (ennen lisävauhtipuhallinta)	600,0	8,6	-0,15	15,0	8718	68,0
1-kenttä(vauhtip.jälk.)	600,0	10,6	-0,13	16,0	10787	62,0
yhteisputki	1120,0	5,9	-0,16	30,0	20780	55,0
1-kentän haara kattotaso	600,0	9,6	-0,05	125,0	9719	69,0
vauhtip.jälk.(vanhapuoli)	1120,0	8,7	-0,25	12,0	30851	42,0

7-kone keskiarvoja:

	alipaine(kpa)	CS2(g/m3)	til.virtaus(m3/h)	lämpötila(°C)
happosäiliöt	-0,16	32	1436	35
venh.kuum.	-0,16	17	96	51
kehruu 13L ja 14L	-0,2	9	11746	30
vetok. ja pesuh.	-0,16	14	13107	30
venh.sihtil.	-0,18	13	2455	31
leikk.kotelot ja supp.	-0,09	10	2233	25
jkk. 1-kenttä	-0,13	16	7879	66
yhteisputki	-0,18	22,5	22329	52

Mittausluokset

LITE 3/ 5 (5)




Vahterus PSHE- Data Sheet / Liquid-Gas

Ver 2.5

Date	14.3.2007	Type	PSHE 3HH-122/1/1
Offer number	T70983		Plates turned 90°
Customer	Säteri		
Reference	185 kW	Our ref:	JM

Thermal Design:

Capacity	kW	185
Heat transfer area	m ²	9.2
Logaritmic mean T	°C	62.3
K-value	W/m ² K	323
Fouling factor	m ² K/W	0.00114200

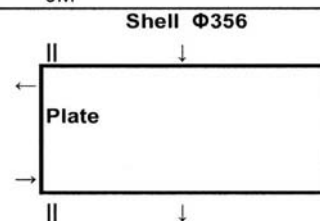


		Plate side (Cold)	Shell side (Hot)
Temp. IN	°C	20.0	90.0
Temp OUT	°C	30.0	85.0
Flow rate	kg/h	15922.0	1000.0
Pressure drop	kPa	4	4.7
Liquid volume	dm ³	10.0	16.4

Medium		Water 25°C	Air 87.5°C
Dynamic viscosity	kg/ms	0.000890500	
Specific gravity	kg/m ³	997	
Specific heat	J/kgK	4183	
Thermal conductivity	W/mK	0.6071	

Connections:	Size	Nb.of	Velocity
	(DN)	pieces *)	m/s
Plate side	50	1	2.1
Shell side	200	2	8.6

*) Plate side:

1= Connections in the same end, 2=Connections in different ends

3= Connections in both ends

Construction Design:

End Type		Openable version	Content: Dangerous
Weight (dry)	kg	275	Category: III
Position		Horizontal	Module: B+D
Design code		PED	
Design pressure	bar(g)	-1 / 16	
Testing pressure	bar(g)	30.3	
Design temperature	°C	0 / 150	
Support		EndPlate feet (CS)	

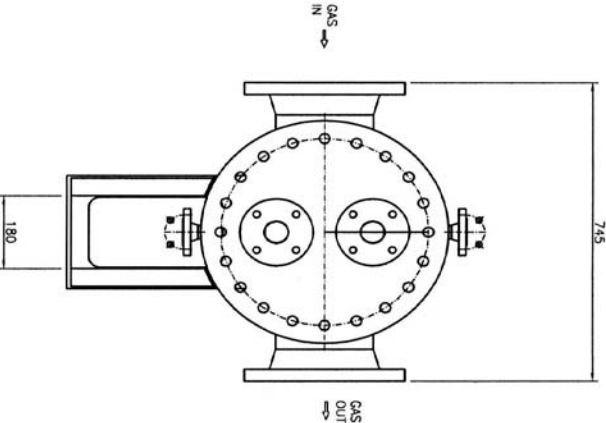
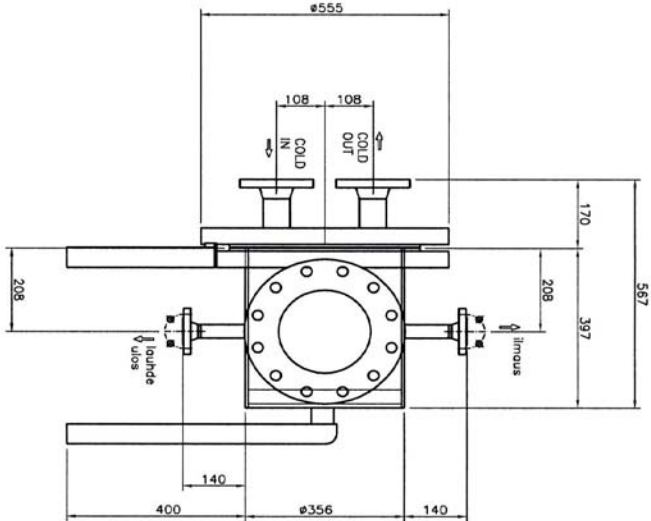
Materials:

Plate material	AISI 316L	Price
Shell material	AISI 316L/316	Delivery time
		Terms of delivery
Plate connections	DIN-Flanges	Terms of payment
Shell connections	DIN-Flanges	Validity of the offer
Finishing	Glasspearl blasting	Other terms

Vahterus Oy
Pruukintie 7
FIN-23600 KAJAANI

Phone +358 (0)2 842 7000
Telefax +358 (0)2 842 7029

E-mail sales@vahterus.com
Internet www.vahterus.com



		Rev.		Modification				Date		Date		No.	
		Name		Date				Tolerances ACC. to ISO EN 13503-3 except length marked in acc. to 0-100 plates, 110, 130-200 plates, 215, 230-300 plates, 320, 330 plates, 350					
		Drawn				Customer				Project			
		Checked				Säteri							
		Approved											
		Manufacturer											
		Vaherius Oy											
		Prudentite 7											
		FIN-25000 Helsinki											
		E-mail: sales@vaherius.com											
		Plate & Shell is a registered trademark of Vaherius Oy											
		Copyright of Vaherius Oy, entire property and document remains											
		185 kW											
		Drawing number											
		T70983											
		Connections:											
		Plate side											
		DN 50											
		DN 50											
		Shell side											
		DN 200											
		DN 200											
		DN 25											
		1											
		2											
		3											
		4											



PLATE & SHELL HEAT EXCHANGER
PSHE 3HH - 122/1/1
Preliminary Drawing
1:10
Sheets: 1/1

